

МРНТИ:65.33.29

Л.Б. УМИРАЛИЕВА¹, А.Б. АБУОВА^{1,2*}, Р.Х. КАНДРОКОВ³, М.С. ИСАБЕКОВА¹,
М. ХАЛМУХАМЕДОВА¹

¹Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности, Алматы, Казахстан

²Международный инженерно – технологический университет, Алматы, Казахстан

³Российский биотехнологический университет, Москва, Россия

*e-mail: a_burkhatovna@mail.ru

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МУКИ ТРИТИКАЛЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАКВАСКИ НА ОСНОВЕ МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ

doi:10.53729/MV-AS.2023.02.13

Аннотация

Пшенично-ржаной гибрид - тритикале, обладая богатым аминокислотным составом и пониженным содержанием глютена в составе муки, на сегодняшний день является перспективной зерновой культурой для использования в хлебопекарном производстве. Однако традиционные рецептуры, которые применяются для выпечки пшеничного и ржаного хлеба, не подходят для тритикалевого, требуя нового подхода к технологии приготовления. Для улучшения свойств теста и готовой выпечки использована закваска на основе консорциума молочнокислых бактерий. В состав консорциума вошли три штамма лактобактерий: *Limosilactobacillus fermentum* ЗШ1, *Limosilactobacillus pontis* 9К3, *Lactocaseibacillus paracasei* 126. На основе консорциума были разработаны несколько видов закваски, содержащих тритикалеву и пшеничную муку, воду и консорциум. Были определены кислотность, антагонистическая и ферментативная активность закваски. Осуществлена пробная выпечка хлеба с разным содержанием закваски, в ходе которой было определено, что добавление закваски в количестве 10% в технологическом процессе выработки тритикалевого хлеба позволяет сократить продолжительность расстойки на 12 минут, улучшает качество готового продукта и увеличивает сроки хранения готовых изделий до 5-6 суток, а также повышает устойчивость хлеба к «картофельной болезни» и плесневению за счет высокой антагонистической активности пробиотических микроорганизмов закваски.

Ключевые слова: тритикале, молочнокислые бактерии, пробиотическая закваска.

Известно, что имеющая приоритет в использовании пшеница недостаточно устойчива к ряду заболеваний, страдает от экстремальных экологических условий, имеет пониженное содержание ряда незаменимых аминокислот, в первую очередь, лизина. Преимуществом ржи являются высокие продуктивность и устойчивость к неблагоприятным условиям, в то же время она отличается низкими хлебопекарными свойствами. В связи с этим, представляет интерес зерновая культура тритикале, представляющая собой гибрид пшеницы и ржи. Широкое и быстрое распространение тритикале произошло благодаря высокой урожайности, неприхотливости в возделывании (устойчивости к болезням, позволяющей исключить предпосевное протравливание семян, высокой зимостойкости), повышенному содержанию лизина и универсальности в использовании [1-5].

Вместе с тем, отсутствие практической реализации технологии хлеба из тритикале, низкая удовлетворенность потребителей ассортиментом хлебобулочных изделий, выявляемая в процессе социологических опросов, а также необходимость актуализации подходов к оценке потребительских свойств обогащенных изделий, обосновывают целесообразность проведения исследований в этом направлении.

Большой интерес представляет применение в технологии мучных кондитерских изделий вместо муки пшеничной высшего сорта тритикалевой муки, которая, во-первых, отличается более высоким содержанием жизненно важной аминокислоты лизина в 1 г

белка, большим содержанием рибофлавина, тиамина, некоторых макро- и микроэлементов, во-вторых, обладает лучшими технологическими свойствами для данных видов изделий, так как содержит меньше клейковины слабой по качеству [6-10].

На основании комплексных исследований показателей безопасности, хлебопекарных свойств и состава зерна тритикале теоретически обоснована и научно подтверждена целесообразность его применения в технологии производства хлеба. Разработанная закваска на основе консорциума молочнокислых бактерий (МКБ) *Limosilactobacillus fermentum* ЗШ1, *Limosilactobacillus pontis* 9КЗ, *Lactocaseibacillus paracasei* 126, антагонистически активного в отношении бактерий *Bacillus subtilis*, может быть использована в приготовлении тритикалевого хлеба для защиты его от микробиологической порчи [11-13].

Научная новизна также заключается в научном обосновании рецептуры и технологии производства комбикормов с применением пророщенного зерна тритикале и использованием экструзионной технологии с целью повышения качества и увеличения срока хранения.

Материалы и методы исследования

Основными объектами разработки служили закваска и хлеб.

Экспериментальные исследования проводили с помощью ниже приведенных современных методов, позволяющих на основе комплекса показателей получить характеристику сырья и продукции.

Для получения закваски использовали муку тритикале и пшеничную муку высшего сорта. В качестве закваски на основе МКБ использовали отобранный ранее «Консорциум 2», состоящий из *Limosilactobacillus fermentum* ЗШ1, *Limosilactobacillus pontis* 9КЗ и *Lactocaseibacillus paracasei* 126 в соотношении 1:1:1. Консорциум МКБ вносили в питательную среду в количестве 10%, культивировали при температуре $35\pm 2^\circ\text{C}$ в течение 48 часов.

Оценку биотехнологических свойств консорциума (рН культуральной жидкости, кислотообразующей активности, антагонизма) проводили при культивировании микроорганизмов на среде МРС.

Для исследования антагонистической активности молочнокислых бактерий использовали метод диффузии в агар. На поверхность плотного агара МПА в чашках Петри засекали газонем 0,1 мл тест-культуры для определения антибиотической активности *Bacillus subtilis* АТСС 6633 (1×10^6 КОЕ/мл). После засева тест-культуры стерильным блокорезом вырезали в среде лунки, диаметром 10 мм, по 2 лунки на каждый исследуемый штамм МКБ. В каждую лунку вносили исследуемый штамм в жидкой среде МРС.

Титруемую кислотность определяли методом Тернера. Для этого отмеряли 10 мл образца и добавляли 20 мл дистиллированной воды и 3 капли 1%-ого раствора фенолфталеина. Полученную смесь перемешивали и титровали раствором 0,1н едкого натра до появления слабо-розового окрашивания, не исчезающего в течение 1 мин. Результат анализа получали путем расчета количества щелочи, ушедшей на титрование, умноженного на 10.

Распространенным методом косвенного определения активности МКБ является применение индикаторов-красителей, восстановленные формы которых под действием ферментов микроорганизмов изменяют окраску. Мы определяли ферментативную активность МКБ по скорости перехода голубой окраски метиленовой сини (0,01% р-р) в бесцветную. В односуточных чистых культурах МКБ начало обесцвечивания метиленовой сини отмечалось через 23-27 мин, полное обесцвечивание наступало через 50-70 мин. Это свидетельствует о высокой ферментативной активности культур.

На основе тритикалевой и пшеничной муки создали три варианта закваски для сравнения:

Тритикалевая мука + вода + консорциум

Тритикалевая мука и пшеничная мук (1:1) + вода + консорциум

Пшеничная мука + вода + консорциум

Соотношение муки с водой 1:2 и 10% засев консорциума

Лабораторные образцы хлеба готовили со следующим количеством вносимой закваски:

Образец 1 – контроль по рецептуре без закваски;

Образец 2 – с закваской в количестве 5%;

Образец 3 – с закваской в количестве 8%;

Образец 4 – с закваской в количестве 10%;

Образец 5 - с закваской в количестве 12%.

В качестве контроля использовали образцы хлеба из тритикалевой муки без закваски. Анализ качества хлеба проводили через 14–16 ч после выпечки по общепринятым методикам.

Результаты и обсуждение

В целях отработки оптимальных биотехнологических режимов получения консорциума были проведены исследования по подбору питательной среды, определению оптимального времени культивирования, обеспечивающих высокий титр клеток МКБ и максимальное проявление ими антагонистических свойств.

В процессе 48 часов культивирования консорциума проводилась оценка биотехнологических свойств - рН культуральной жидкости, кислотообразующей активности, антагонизма МКБ в отношении *B. subtilis* ATCC 6633 и титра клеток (таблица 1).

Таблица 1 - Характеристика промышленно-ценных свойств консорциума

рН	4,05
Титруемая кислотность по Тернеру, °Т	125 °Т
Титр клеток, КОЕ/мл	10^{-10}
Антагонистическая активность, мм	20,3 ±0,3

Определяли все показатели через 24 и 48 часов (таблица 2).

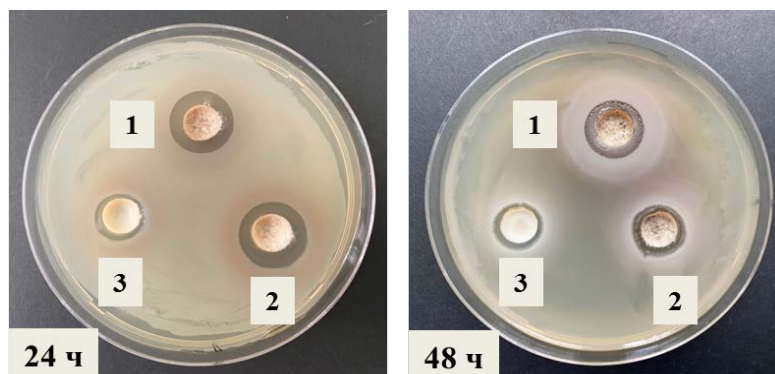
Таблица 2 - Характеристика промышленно-ценных свойств закваски

Показатели	Варианты					
	Через 24 часа			Через 48 часов		
	т	пш	т/пш	т	пш	т/пш
рН	3,75	3,73	3,67	3,68	3,51	3,57
Титруемая кислотность по Тернеру, °Т	235	111	155	250	119	175
Титр клеток, КОЕ/мл	10^{11}	10^{11}	10^{-11}	10^{10}	10^{10}	10^{10}
Антагонистическая активность в отношении <i>Bacillus subtilis</i> , мм	17,0±0,1	14,0±0,2	19,0±0,1	17,0±0,1	13,0±0,1	15,0±0,1
Ферментативная активность, мин	42	65	56	43	72	57

Примечание – тритикалевая мука, пшеничная мука, тритикалевая/пшеничная мука

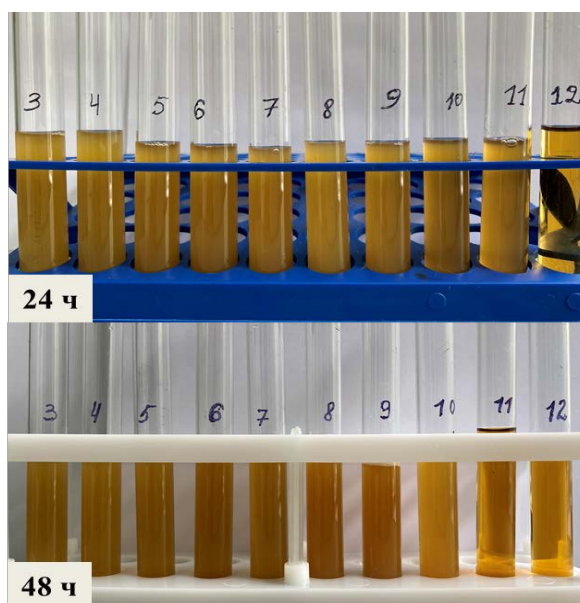
Наибольший антагонизм МКБ к 24 часам культивирования проявлялся при использовании закваски из муки тритикале в смеси с пшеничной мукой (диаметр зоны подавления роста *Bacillus subtilis* 19 мм) и из тритикалевой муки (17 мм). К 48 часам культивирования консорциума на среде, с использованием только тритикалевой муки, его антагонистическая активность сохраняется, а на смеси пшеничной муки и тритикале снижается до 15 мм (рисунок 1А). Наиболее интенсивному кислотонакоплению способствует закваска на тритикалевой муке. Использование закваски при культивировании в течение 24 часов позволяет достичь титра 10^{11} КОЕ/мл. Через 48 часов титр снизился до 10^{10} КОЕ/мл (рисунок 1Б).

А



А - антагонистическая активность заквасок в отношении тест-культуры *Bacillus subtilis* ATCC 6633 (1-мука тритикале; 2-мука тритикале+пшеничная мука; 3- пшеничная мука)

Б

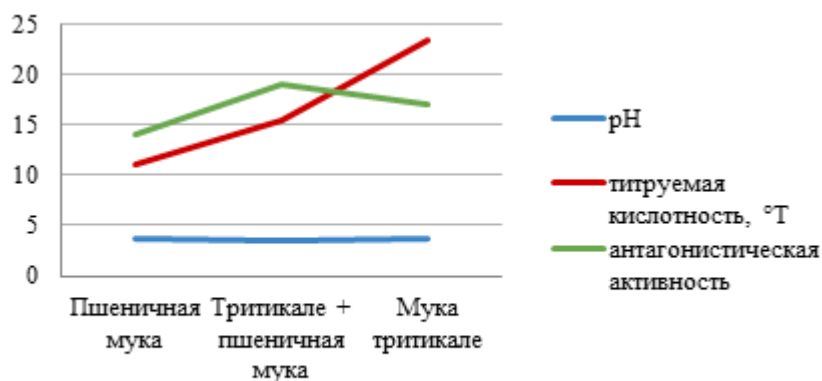


Б - титр МКБ, 24ч - 10^{11} КОЕ/мл; 48ч - 10^{10} КОЕ/мл;

Рисунок 1 - Физиологическая активность консорциума молочнокислых бактерий

Характеристика промышленно-ценных свойств вариантов закваски и динамика ферментативной активности консорциума МКБ в процессе культивирования на различных вариантах закваски показаны на рисунках 2 и 3.

А



Б

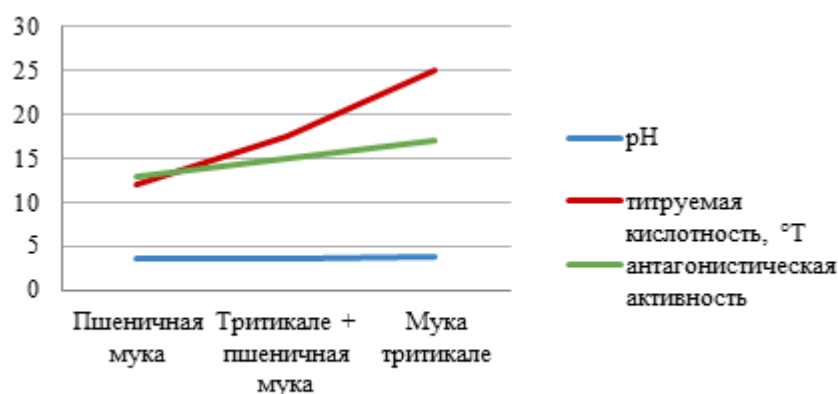


Рисунок 2 - Характеристика промышленно-ценных свойств вариантов закваски (А- через 24 часа; Б- через 48 часов;)

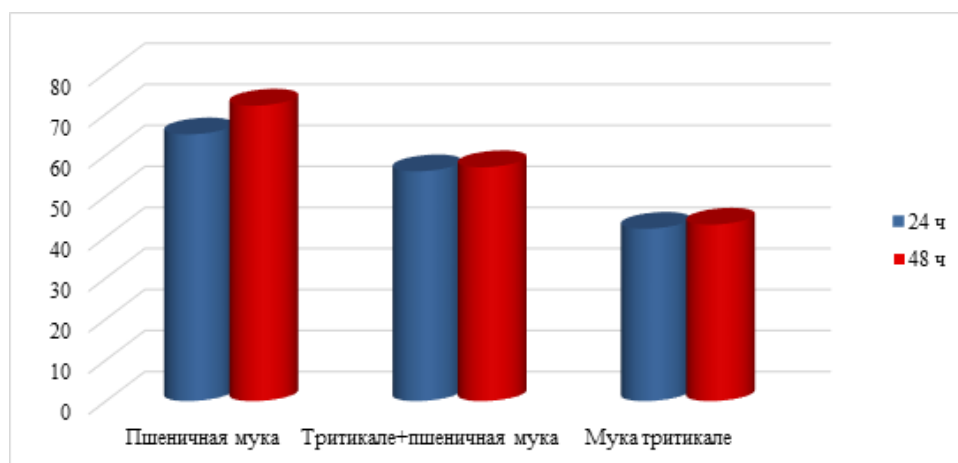


Рисунок 3 – Динамика ферментативной активности консорциума МКБ в процессе культивирования на различных вариантах закваски (ось абсцисс – варианты закваски; ось ординат – ферментативная активность, мин)

Нами показано, что к 24 часам и после 48 часов культивирования МКБ минимальное время начала обесцвечивания метиленовой сини отмечается на среде с тритикалевой мукой, полное обесцвечивание в данном варианте наступало через 42-43 мин. Это свидетельствует о высокой ферментативной активности консорциума.

Таким образом, оптимальными режимами культивирования консорциума для сохранения высокого титра клеток МКБ и максимального проявления ими антагонистических свойств является закваска на тритикалевой муке, продолжительность культивирования 48 часов, титр МКБ – 10^{10} КОЕ/мл, антагонистическая активность в отношении *B. subtilis* – 17 мм, при pH -3,68 и титруемой кислотности - 250 °Т.

Получен патент на полезную модель №7146 от 27.05.2022 г. «Консорциум микроорганизмов *Limosilactobacillus fermentum* 3Ш1, *Limosilactobacillus pontis* 9К3, *Lactocaseibacillus paracasei* 126, предназначенный для приготовления заквасок для ржаного и пшеничного хлеба, антагонистически активный в отношении бактерий *Bacillus subtilis*».

Закваска на основе консорциума молочнокислых бактерий *L. fermentum* 3Ш1, *L. pontis* 9К3, *L. paracasei* 126, антагонистически активного в отношении бактерий *B. subtilis* может быть использована в приготовлении тритикалевого хлеба для защиты его от микробиологической порчи. Получен патент на полезную модель «Способ приготовления пробиотической закваски для приготовления хлеба».

Технологическая схема активации и использования закваски состоит из следующих этапов:

1. Приготовление пробиотической закваски из чистых культур (разводочный цикл)
2. Приготовление питательной среды.
3. Выбраживание закваски.
4. Освежение закваски и расход на производство.

На основании проведенных исследований была разработана технология хлебобулочных изделий из зерна тритикале с использованием пробиотической закваски.

В рецептуре в опытных образцах хлеба будет внесена в разных количествах закваска, полученная на основе консорциума из 3-х штаммов молочнокислых бактерий для предотвращения «картофельной болезни» хлеба. Для выбора оптимального количественного внесения закваски приготовлены образцы хлеба с различным ее содержанием.

В приготовленных образцах определяли органолептические, физико-химические показатели качества и микробиологическую устойчивость к картофельной болезни. В таблице 3 приведены показатели качества полуфабрикатов и хлеба с добавлением различных количеств закваски.

Таблица 3 – Зависимость качества полуфабрикатов и хлеба, полученных безопасным способом, от количества вносимой закваски

Наименование показателя	Контроль (без закваски)	С закваской в количестве, %			
		5	8	10	12
Качество теста:					
Продолжительность брожения, мин	150	150	150	150	150
Температура, °С	30±2	30±2	30±2	30±2	30±2
Влажность, %	47,5	47,3	47,4	47,4	47,5
Кислотность, град	3,8	4,8	6,8	7,2	10,4
Продолжительность расстойки, мин	60	55	52	48	46
Качество готового хлеба:					
Объем хлеба, см ³ /100г	230,5	240	250,4	260,4	265,8
Влажность, %	46,2	46,0	46,4	46,5	46,4
Пористость, %	66,8	67,3	67,9	68,2	68,6
Кислотность, град	3,6	4,0	5,2	5,8	8,0

Продолжение таблицы 3

Органолептическая оценка хлеба					
Форма	Правильная, без трещин и подрывов				
Корка	Коричневый			Светло-коричневый	
Пористость	Равномерная, мелкая толстостенная	Равномерная, мелкая, толстостенная	Равномерная, мелкая, толстостенная	Равномерная, более мелкая, толстостенная	Равномерная, мелкая, толстостенная
Состояние мякиша	Не липкий, хорошо пропеченный	Не липкий, хорошо пропеченный, эластичный			
Вкус и запах	Свойственный, без постороннего привкуса, пресный	Свойственный, без постороннего привкуса, пресный	Свойственный, приятный, хлебный привкус	Свойственный приятный привкус и аромат	Ярко выраженный кислый аромат и кислый вкус
Микробиологическая устойчивость к заболеванию «картофельной болезни»	Заболел через 48 часов	Не заболели в течение 120 часов			

В соответствии с результатами, представленными в таблице 3, при внесении молочнокислой закваски в количестве от 5 до 12 % к массе муки наблюдалось сокращение продолжительности расстойки до 14 минут, увеличение удельного объема хлеба, пористости на 2,2 % и повышение титруемой кислотности на 6,4 °Т. Однако увеличение дозировки молочнокислой закваски до 12% отрицательно влияло на вкусовые качества и аромат изделий. Отсутствие в тритикалевом тесте клейковинного каркаса и пептизация значительной части белков обуславливают специфические реологические свойства тритикалевого теста. Оно не прилипает к рукам, консистенция глинообразная. При разжевывании мякиша ощущается кислый привкус и запах хлеба с использованием 12 % закваски. Также окраска корок изделий получается более бледной из-за повышения кислотности.

Проведенные исследования свидетельствуют о положительном влиянии внесения молочнокислой закваски на качество хлеба из тритикалевой муки.

Заключение

На основании проведенных исследований была разработана технология и режим приготовления тритикалевого хлеба с добавлением закваски на основе молочнокислых бактерий.

Использование закваски молочнокислых бактерий в количестве 10% в технологическом процессе выработки тритикалевого хлеба позволяет сократить продолжительность расстойки на 12 минут, улучшает качество (в готовом продукте увеличиваются удельный объем, масса и пористость, улучшается аромат и вкус) и увеличивает сроки хранения готовых изделий до 5-6 суток, а также повышает устойчивость хлеба к «картофельной болезни» и плесневению за счет высокой антагонистической активности пробиотических микроорганизмов закваски.

Финансирование

Исследования проведены в рамках выполнения проекта «Разработка технологии хлебобулочных, мучных кондитерских изделий и комбикормов на основе новых отечественных сортов тритикале» в рамках научно-технической программы BR10764977 «Разработка современных технологий производства БАДов, ферментов, заквасок, крахмала, масел и др. в целях обеспечения развития пищевой промышленности» бюджетной программы 267 «Повышение доступности знаний и научных исследований» подпрограмма 101 «Программно-целевое финансирование научных исследований и мероприятий» Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан на 2021-2023 годы.

Литература:

1 Вьюрков В.В., Абуова А.Б., Глепов А.С., Ертаева Н.Т. (2016). Хлебопекарные свойства муки из зерна тритикале и озимой ржи. Инновационные технологии производства пищевых продуктов. Материалы международной научно- практической конференции (с.40-46). Саратов: ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ имени Н.И. Вавилова».

2 Исабекова М.С., Умираниева Л.Б., Касымбек Р. (2019). Сравнительное изучение физико-химических показателей казахстанских сортов тритикале Таза и Кожа. Пища. Экология. Качество. Сборник материалов XVI международной научно-практической конференции. ТОМ 1. (с. 336). Барнаул.

3 Карчевская О.В., Дремучева Г.Ф. и Грабовец А.И. (2013). Научные основы и технологические аспекты применения зерна тритикале в производстве хлебобулочных изделий. Хлебопечение России, 5, 28-29.

4 Рекомендация по новым сортам тритикале. Сост.: С.Б. Кененбаев. Б.А. Айнабекова, Р.А. Уразалиев, К.Р. Уразалиев, А.Т. Сарбаев (2015). Караганда: ТОО «LITERA»,16с.

5 Онгарбаева Н.О., Жанабаева К.К., Рукшан Л.В.(2018). Представляем тритикале казахстанской селекции. Иновации. Образование. Энергоэффективность: Материалы XII Международной научно-практической конференции(146-149). Могилев.

6 Тертычная Т.Н. Исследование мукомольных свойств современных сортов тритикале [Текст] / Т.Н. Тертычная // Хранение и переработка зерна, 2010, №1 (127). – С. 36-37.

7 Вьюрков В.В., Абуова А.Б., Баймуканов Е.Н., Джапаров Р.Ш. (2017). Урожайность традиционных и перспективных озимых культур на темно-каштановых почвах Приуралья. Наука и Образование, 2 (47), 3-10.

8 Гриценко, С.А. (2003). *Разработка технологии хлеба функционального назначения на основе муки тритикале* [кандидатская диссертация, Кубанский государственный технологический университет]. Краснодар. Фонд научных исследований Кубанского государственного технологического университета.

9 Кандроков Р.Х., Панкратов Г.Н., Рындин А.А., Конарев П.М. (2021). Мукомольные свойства озимых сортов тритикале. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 2,38-39.

10 Gyori Z. (2018). Fingingson the Making of Triticale and Wheat-Based Low Calorie Flour. *EC Nutrition. P. 113-125.*

11 Yusupova G.G., Berdyshnikova O.N. Methods of flour quality control according to the rheological properties of the dough // Bakery production. -2011. -No. 2.- P.48-53.

12 Исабекова М.С., Умираниева Л.Б., Абуова А.Б., Ибрайхан А.Т. Консорциум микроорганизмов *Limosilaktobacillus fermentum* ЗШ1, *Limosilaktobacillus pontis* 9К3, *Lacticaseibacillus paracasei* 126, предназначенный для приготовления заквасок для ржаного и пшеничного хлеба, антагонистически активный в отношении бактерий *Vacillus subtilis*. Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности (ПК). № 7146. Заявл. 18.04.2022. Оpubл. 27.05.2022, Бюл. № 21.

13 Умираниева Л.Б., Исабекова М.С., Ибрайхан А.Т., Абуова А.Б. Способ приготовления пробиотической закваски для приготовления хлеба. Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности (ПК). № 7710. Заявл. 01.09.2022.

Л.Б. УМИРАЛИЕВА¹, А.Б. АБУОВА^{1,2*}, Р.Х. КАНДРОКОВ³, М.С. ИСАБЕКОВА¹,
М. ХАЛМУХАМЕДОВА¹

¹Қазақ қайта өңдеу және тамақ өнеркәсібі ғылыми зерттеу институты, Алматы, Қазақстан

²Халықаралық инженерлік-технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан

³Ресей биотехнологиялық университеті, Мәскеу, Ресей

*e-mail: a_burkhatovna@mail.ru

СҮТ ҚЫШҚЫЛДЫ БАКТЕРИЯЛАРЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН АШЫТҚЫНЫ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП ТРИТИКАЛЕ ҰНЫНАН ЖАСАЛҒАН НАН ӨНІМДЕРІН ӨНРІДУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ

Түйін

Бидай-қара бидай гибриді – тритикале, аминқышқылдық құрамы бай және ұнның құрамында глютені аз, бүгінгі күні нан өнімдерін өндіруде қолданылатын перспективалы дәнді дақыл болып табылады. Дегенмен, бидай мен қара бидай нанын пісіру үшін қолданылатын дәстүрлі рецепттер тритикале үшін жарамсыз, пісіру технологиясына жаңа көзқарасты талап етеді. Қамырдың және дайын өнімнің қасиеттерін жақсарту үшін сүт қышқылы бактерияларының консорциумына негізделген ашытқыны пайдалану туралы шешім қабылданды. Консорциумға лактобактериялардың үш штаммы кірді: *Limosilactobacillus fermentum* 3Ш1, *Limosilactobacillus pontis* 9К3, *Lactocaseibacillus paracasei* 126. Консорциум негізінде тритикале және бидай ұнынан, су және консорциум қосылған ашытқының бірнеше түрі әзірленді. Ашытқының қышқылдығы, антагонистік және ферментативті белсенділігі өлшенді. Құрамында әртүрлі мөлшердегі ашытқымен тәжірибелік нан пісіру жүргізілді, оның барысында тритикале нанының технологиялық процесінде ашытқының 10% мөлшерінде қосылуы нанның көтерілу уақытын 12 минутқа қысқартуға мүмкіндік беретіні, нанның сапасын жақсартатыны дайын өнімді және дайын өнімнің сақтау мерзімін 5-6 күнге дейін арттыратыны, сонымен қатар ашытқының пробиотикалық микроорганизмдерінің жоғары антагонистік белсенділігіне байланысты нанның «картоп ауруына» және зеңге төзімділігін арттыратыны анықталды.

Кілтті сөздер: тритикале, лактобактериялар, пробиотикалық ашытқы.

IRSTI: 65.33.29

L.B. UMIRALIYEVA¹, A.B. ABUOVA^{1,2*}, R.Kh. KANDROKOV³, M.S. ISABEKOVA¹,
M. HALMUHAMEDOVA¹

¹Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry, Almaty, Kazakhstan

²International Engineering and Technology University, Almaty, Kazakhstan

³Russian Biotechnological University, Moscow, Russia

*e-mail: a_burkhatovna@mail.ru

TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF BAKERY PRODUCTS MADE OF TRITICALE FLOUR USING A STARTER CULTURE BASED ON LACTIC ACID BACTERIA

doi:10.53729/MV-AS.2023.02.13

Abstract

Wheat-rye hybrid triticale, having a rich amino acid composition and a reduced gluten content in flour, is currently a promising grain crop for use in bakery production. However, traditional recipes that are used for baking wheat and rye bread are not suitable for triticale, requiring a new approach to cooking technology. To improve the properties of the dough and the finished baking, a starter culture based on a consortium of lactic acid bacteria was used. The consortium includes three strains of lactobacilli: *Limosilactobacillus fermentum* 3H1, *Limosilactobacillus pontis* 9K3, *Lactocaseibacillus paracasei* 126. Based on the consortium, several types of starter cultures containing triticale and wheat flour, water, and

the consortium were developed. The acidity, antagonistic and enzymatic activity of the starter were measured. A trial baking of bread with different sourdough content was carried out, during which it was determined that the addition of sourdough in an amount of 10% in the technological process of producing triticale bread reduces the duration of proofing by 12 minutes, improves the quality of the finished product and increases the shelf life of finished products up to 5-6 days, and also increases the resistance of bread to "potato disease" and mold formation due to the high antagonistic activity of probiotic microorganisms of the starter culture.

Keywords: triticale, lactobacilli, probiotic starter culture.

It is known that wheat, which has priority in use, is insufficiently resistant to a number of diseases, suffers from extreme environmental conditions, has a reduced content of a number of essential amino acids, primarily lysine. The advantage of rye is high productivity and resistance to adverse conditions, at the same time it has low baking properties. In this regard, the triticale grain crop, which is a hybrid of wheat and rye, is of interest. The wide and rapid spread of triticale occurred due to high yields, unpretentiousness in cultivation (resistance to diseases, allowing to exclude pre-sowing seed treatment, high winter hardiness), increased lysine content and versatility in use. [1-5].

At the same time, the lack of practical implementation of triticale bread technology, low consumer satisfaction with the assortment of bakery products revealed in the process of sociological surveys, as well as the need to update approaches to assessing the consumer properties of enriched products, justify the expediency of conducting research in this direction.

Of great interest is the use in the technology of flour confectionery products instead of wheat flour of the highest grade tritical flour, which, firstly, has a higher content of the vital amino acid lysine in 1 g of protein, a high content of riboflavin, thiamine, some macro- and microelements, and secondly, has better technological properties for these types of products, since it contains less gluten of weak quality [6-10].

Based on comprehensive studies of safety indicators, baking properties and composition of triticale grain, the feasibility of its use in bread technology has been theoretically substantiated and scientifically confirmed. The developed starter culture based on the consortium of lactic acid bacteria *Limosilactobacillus fermentum* 3H1, *Limosilactobacillus pontis* 9K3, *Lacticaseibacillus paracasei* 126, intended antagonistically active against bacteria *Bacillus subtilis* can be used in the preparation of triticale bread to protect it from microbiological spoilage [11-13].

The scientific novelty also lies in the scientific substantiation of the formula and technology for the production of compound feeds using sprouted triticale grain and the use of extrusion technology in order to improve quality and increase shelf life.

Materials and methods of research

The main objects of development were sourdough and bread.

Experimental studies were carried out using the following modern methods, which make it possible to obtain characteristics of raw materials and products based on a set of indicators.

Triticale flour and wheat flour of the highest grade were used to obtain the starter culture. The selected "Consortium 2", which includes *Limosilactobacillus fermentum* 3H1, *Limosilactobacillus pontis* 9K3, *Lacticaseibacillus paracasei* 126 in a culture ratio of 1:1:1. The consortium of lactic acid bacteria was introduced into the nutrient medium in an amount of 10%, cultured at a temperature of $35 \pm 2^\circ\text{C}$ within 48 hours.

To study the antagonistic activity of cultures of lactic acid bacteria, the method of diffusion into agar was used. 0.1 ml of a test culture was sown on the surface of a dense MPA agar in Petri dishes to determine the antibiotic activity of *Bacillus subtilis* ATCC 6633 (1×10^6 CFU/ml). After seeding the test culture with a sterile spout, wells with a diameter of 10 mm were cut out in the medium, 2 wells for each studied strain of lactic acid bacteria. The studied strain was introduced into each well on the MRC medium.

Titrated acidity was determined by the Turner method. To do this, measure 10 ml of the sample and add 20 ml of distilled water and 3 drops of 1% phenolphthalein solution. The resulting mixture is mixed and titrated with a solution of 0.1 n caustic soda until a faint pink staining appears, which does not disappear for 1 min. The result of the analysis is obtained by calculating the amount of alkali used for titration multiplied by 10.

A common method for indirectly determining the activity of lactic acid bacteria is the use of dye indicators, the reduced forms of which change color under the action of microorganisms' enzymes. We determined the enzymatic activity of lactic acid bacteria by the rate of transition of the blue color of methylene blue (0.01% p-r) to colorless. In single-day pure cultures of lactic acid bacteria, the beginning of discoloration of methylene blue was noted after 23-27 minutes, complete discoloration occurred after 50-70 minutes. This indicates a high enzymatic activity of cultures.

On the basis of triticale and wheat flour, three variants of sourdough were created for comparison:

Triticale flour + water + sourdough

Triticale flour and wheat flour (1:1) + water + starter culture

Wheat flour + water + sourdough

The ratio of flour to water is 1:2 and 10% sowing of starter culture

Laboratory samples of bread were prepared with the following amount of starter culture:

Sample 1 – control according to the recipe without leaven;

Sample 2 – with sourdough in the amount of 5%;

Sample 3 – with starter culture in the amount of 8%;

Sample 4 – with starter culture in the amount of 10%;

Sample 5 - with a starter culture in the amount of 12%.

As a control, samples of triticale flour bread without sourdough were used. The analysis of the quality of bread was carried out 14-16 hours after baking according to generally accepted methods.

Results and discussion

In order to work out the optimal technological modes of obtaining the consortium, studies were conducted on the selection of a nutrient medium, determining the optimal cultivation time, ensuring a high titer of lactic acid bacteria cells and the maximum manifestation of antagonistic properties by them.

During 48 hours of consortium cultivation, the biotechnological properties (on the medium of MRC) were evaluated - the pH of the culture fluid, acid-forming activity, antagonism of ICD to *B. subtilis* ATCC 6633 and the titer of cells (Table 1).

Table 1 - Characteristics of the consortium's industrially valuable properties

pH	4,05
Titrated acidity according to Turner, °T	125 °T
Cell titer, CFU/ml	10 ⁻¹⁰
Antagonistic activity, mm	20,3 ±0,3

All indicators were determined after 24 and 48 hours (Table 2).

Table 2 - Characteristics of the industrially valuable properties of the starter

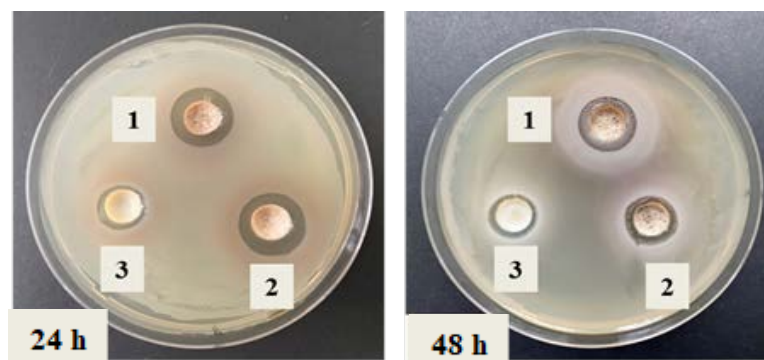
Indicators	Variants					
	After 24 hours			After 48 hours		
	t	wh	t/wh	t	wh	t/wh
1	2	3	4	5	6	7
pH	3,75	3,73	3,67	3,68	3,51	3,57
Titrated Turner acidity, °T	235	111	155	250	119	175

Table 2 countinued

1	2	3	4	5	6	7
Cell titer, CFU/ml	10 ⁻¹¹	10 ⁻¹¹	10 ⁻¹¹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹⁰
Antagonistic activity against <i>Bacillus subtilis</i> , mm	17±0,1	14±0,2	19±0,1	17±0,1	13±0,1	15±0,1
Enzymatic activity, min	42	65	56	43	72	57
Note – Tritical flour, wheat flour, tritical/wheat flour						

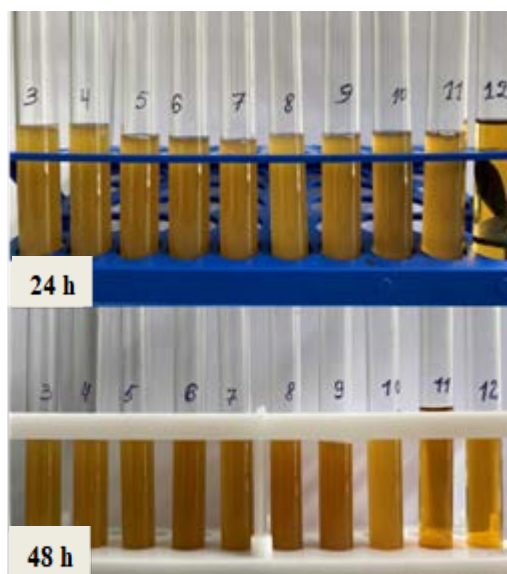
The greatest antagonism of ICD to 24 hours of cultivation is manifested when using a starter culture of triticale flour in a mixture of wheat flour - 19 mm (diameter of the growth suppression zone of *Bacillus subtilis*) and triticale flour - 17 mm. By 48 hours of consortium cultivation on a medium using only triticale flour, its antagonistic activity remains - 17 mm, and on a medium where triticale flour + wheat flour decreases to 15 mm (Figure 1A). The most intensive acid accumulation is promoted by a starter culture on triticalic flour. When using the starter culture during cultivation for 24 hours, it allows to reach a titer of 10¹¹ CFU/ ml, and after 48 hours the titer decreased to 10¹⁰ CFU/ml (Figure 1B).

A



A - antagonistic activity of starter cultures against *Bacillus subtilis* ATCC 6633 test culture (1- tritical flour; 2-tritical flour + wheat flour; 3- wheat flour)

B

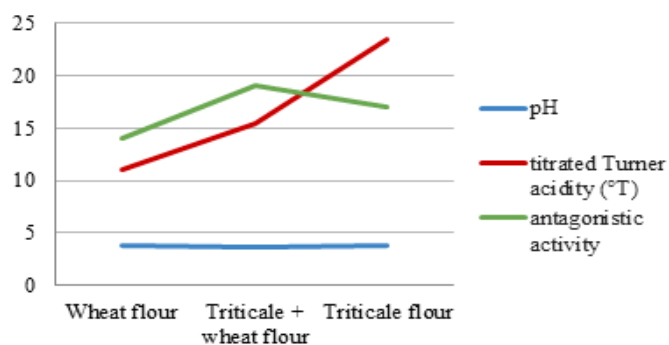


B - LAB titer, 24h - 10¹¹ CFU/ml; 48h - 10¹⁰ CFU/ml;

Figure 1 - Physiological activity of a consortium of lactic acid bacteria

The characteristics of the industrially valuable properties of the starter culture variants and the dynamics of the enzymatic activity of the ICD consortium during cultivation on various starter cultures are shown in Figures 2 and 3.

A



B

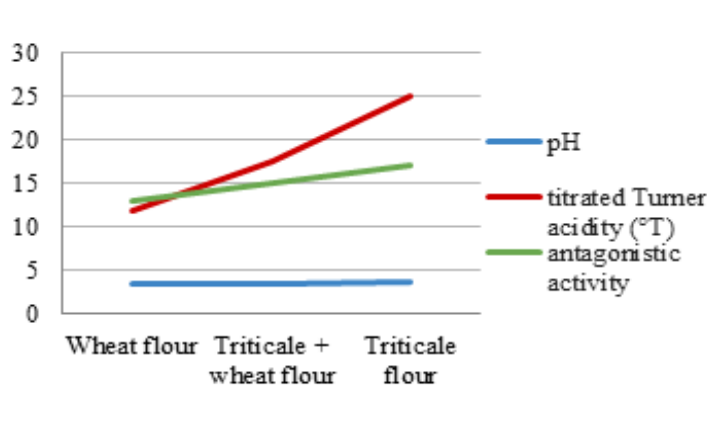
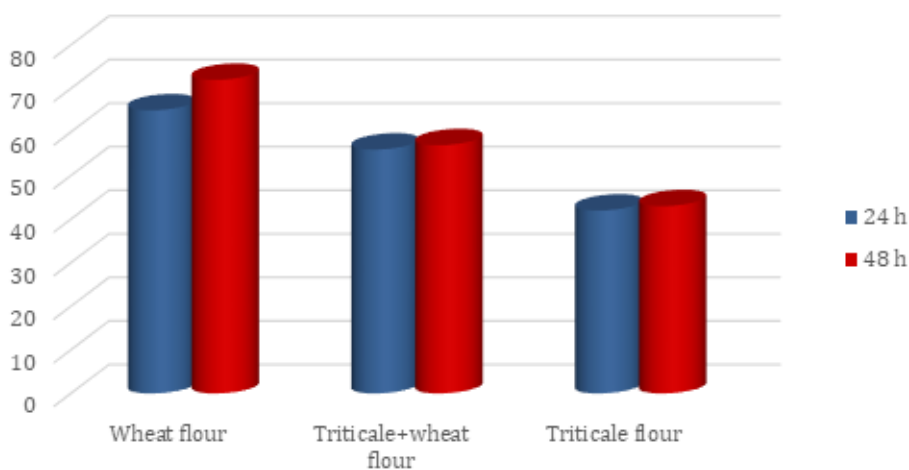


Figure 2 - Characteristics of industrially valuable properties of the starter variants



Abscissa axis – starter variants; ordinate axis – enzymatic activity, min

Figure 3 – Dynamics of the enzymatic activity of the LAB consortium in the process of cultivation on various starter cultures

We have shown that by 24 hours and after 48 hours of lactic acid bacteria cultivation, the minimum time for the beginning of discoloration of methylene blue is noted on a medium where tritical flour, complete discoloration occurred after 42-43 minutes. This indicates a high enzymatic activity of the consortium.

Thus, the most optimal modes of cultivation of the consortium for maintaining a high titer of lactic acid bacteria cells and the maximum manifestation of antagonistic properties by them is a starter culture with tritical flour, the duration of cultivation is 48 hours, the ICD titer is 1010 CFU/ml, antagonistic activity against *B. subtilis* is 17 mm, at pH -3.68 and titrated acidity is 250°T.

Received a patent for utility model No. 7146 dated 05/27/2022 "Consortium of microorganisms *L. fermentum* 3H1, *L. pontis* 9K3, *L. paracasei* 126, designed for the preparation of starter cultures for rye and wheat bread, antagonistically active against bacteria *B. subtilis*".

Starter culture based on a consortium of lactic acid bacteria *L. fermentum* 3H1, *L. pontis* 9K3, *L. paracasei* 126, antagonistically active against bacteria *B. subtilis* can be used in the preparation of triticale bread to protect it from microbiological spoilage. A patent has been obtained for a utility model "A method for preparing probiotic starter culture for making bread".The technological scheme of activation and use of the starter culture consists of the following stages:

1. Preparation of probiotic starter culture from pure cultures (breeding cycle)
2. Preparation of the nutrient medium.
3. Fermentation of the starter culture.
4. Leaven refreshment and production costs.

Based on the conducted research, the technology of bakery products from triticale grain using probiotic starter culture was developed.

In the recipe, the starter culture obtained by a consortium of 3 strains of lactic acid bacteria will be introduced in different quantities in experimental bread samples to prevent the "potato disease" of bread. To select the optimal amount of the introduced starter, bread samples with different percentages were prepared.

Organoleptic, physico-chemical quality indicators and microbiological resistance to potato disease were determined in the prepared samples. Table 3 shows the quality of semi-finished products and bread with the addition of various amounts of sourdough.

Table 3 – The quality of semi-finished products and bread with the use of sourdough in different quantities in a non-paired way

Name of the indicator	Control (without starter culture)	With sourdough in quantity, %			
		5	8	10	12
Test quality:					
Duration of fermentation, min	150	150	150	150	150
Temperature, °C	30±2	30±2	30±2	30±2	30±2
Humidity, %	47,5	47,3	47,4	47,4	47,5
Acidity, deg	3,8	4,8	6,8	7,2	10,4
Duration of proofing, min	60	55	52	48	46
The quality of the finished bread:					
Bread volume, cm ³ /100g	230,5	240	250,4	260,4	265,8
Humidity, %	46,2	46,0	46,4	46,5	46,4
Sponginess, %	66,8	67,3	67,9	68,2	68,6
Acidity, deg	3,6	4,0	5,2	5,8	8,0

Table 2 continued

Organoleptic evaluation of bread					
Form	Correct, without cracks and explosions				
Crust	Brown			Light brown	
Sponginess	Uniform, fine thick-walled	Uniform, fine thick-walled	Uniform, fine thick-walled	Uniform, smaller, thick-walled	Uniform, fine thick-walled
Crumb condition	Not sticky, well baked	Not sticky, well-baked, elastic			
Taste and smell	Characteristic, without extraneous taste, bland	Characteristic, without extraneous taste, bland	Characteristic, pleasant, bread flavor	Characteristic pleasant taste and aroma	Pronounced sour aroma and sour taste
Microbiological resistance to the "potato disease"	Got sick after 48 hours	Didn't get sick for 120 hours			

In accordance with the results presented in Table 3, when lactic acid starter culture was applied in an amount from 5 to 12% by weight of flour, a reduction in the duration of proofing to 14 minutes was observed, an increase in the specific volume of bread, porosity by 2.2% and titrated acidity by 6.4 OH. However, an increase in the dosage of lactic acid starter to 12% negatively affects the taste and aroma of the products. The absence of a gluten framework in the tritical test and the peptization of a significant part of the proteins determine the specific rheological properties of the tritical test. It does not stick to the hands, the consistency is wedge-shaped. When chewing the crumb, a sour taste and smell are felt with 12% of the starter culture. Also, the color of the crusts of the products turns out to be paler due to an increase in acidity.

The conducted studies show a positive effect of the introduction of lactic acid starter culture on the quality of tritcale flour bread.

Conclusion

Based on the conducted research, the technology and mode of preparation of tritcale bread with the addition of lactic acid sourdough was developed.

The use of lactic acid bacteria starter culture in an amount of 10% in the technological process of producing tritcale bread reduces the duration of proofing by 12 minutes, improves quality (specific volume, mass and porosity increase in the finished product, aroma and taste improve) and increases the shelf life of finished products up to 5-6 days, and also increases the resistance of bread to "potato disease" and mold formation due to the high antagonistic activity of probiotic microorganisms of the starter culture.

Funding

The research was carried out within the framework of the project "Development of technology of bakery, flour confectionery and compound feeds based on new domestic tritcale varieties" within the framework of the scientific and technical program BR10764977 "Development of modern technologies for the production of dietary supplements, enzymes, starter cultures, starch, oils, etc. in order to ensure the development of the food industry" budget program 267 "Increasing the availability of knowledge and scientific research" subprogram 101 "Program-targeted financing of scientific research and activities" of the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan for 2021-2023.

References:

- 1 V'yurkov V.V., Abuova A.B., Tlepov A.S., Ertaeva N.T. (2016). Hlebopekarnye svoystva muki iz zerna tritikale i ozimoy rzhi. Innovacionnye tekhnologii proizvodstva pishchevyh produktov. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii (p.40-46). Saratov: FGBOU VO «Saratovskij GAU imeni N.I. Vavilova».
- 2 Isabekova M.S., Umiraliyeva L.B., Kasymbek R. (2019). Sravnitel'noe izuchenie fiziko-himicheskikh pokazatelej kazahstanskih sortov tritikale Taza i Kozha. Pishcha. Ekologiya. Kachestvo. Sbornik materialov HVI mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. TOM 1. (p. 336). Barnaul.
- 3 Karchevskaya O.V., Dremucheva G.F. i Grabovec A.I. (2013). Nauchnye osnovy i tekhnologicheskie aspekty primeneniya zerna tritikale v proizvodstve hlebobulochnyh izdelij. Hlebopechenie Rossii, 5, 28-29.
- 4 Rekomendaciya po novym sortam tritikale. Sost.: S.B. Kenenbaev, B.A. Ajnabekova, R.A. Urazaliev, K.R. Urazaliev, A.T. Sarbaev (2015). Karaganda: TOO «LITERA», 16p.
- 5 Ongarbaeva N.O., Zhanabaeva K.K., Rukshan L.V. (2018). Predstavlyаем tritikale kazahstanskoj selekcii. Innovacii. Obrazovanie. Energoeffektivnost': Materialy XII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii (146-149). Mogilev.
- 6 Tertychnaya T.N. Issledovanie mukomol'nyh svoystv sovremennyh sortov tritikale [Tekst] / T.N. Tertychnaya // Hranenie i pererabotka zerna, 2010, №1 (127). – P. 36-37.
- 7 V'yurkov V.V., Abuova A.B., Bajmukanov E.N., Dzhaparov R.SH. (2017). Urozhajnost' tradicionnyh i perspektivnyh ozimyh kul'tur na temno-kashtanovyh pochvah Priural'ya. Nauka i Obrazovanie, 2 (47), 3-10.
- 8 Gricenko, S.A. (2003). Razrabotka tekhnologii hleba funkcional'nogo naznacheniya na osnove muki tritikale [kandidatskaya dissertaciya, Kubanskij gosudarstvennyj tekhnologicheskij universitet]. Krasnodar. Fond nauchnyh issledovanij Kubanskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta.
- 9 Kandrov R.H., Pankratov G.N., Ryndin A.A., Konarev P.M. (2021). Mukomol'nye svoystva ozimyh sortov tritikale. Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ya, 2, 38-39.
- 10 Gyori Z. (2018). Fingingson the Making of Triticale and Wheat-Based Low Calorie Flour. EC Nutrition. P. 113-125.
- 11 Yusupova G.G., Berdyshnikova O.N. Methods of flour quality control according to the rheological properties of the dough // Bakery production. -2011. -No. 2.- P.48-53.
- 12 Isabekova M.S., Umiraliyeva L.B., Abuova A.B., Ibraikhan A.T. The consortium of microorganisms *Limosilaktobacillus fermentum* 3SH1, *Limosilaktobacillus pontis* 9K3, *Lactocaseibacillus paracasei* 126, intended for the preparation of starter cultures for rye and wheat bread, antagonistically active in the relationship of bacteria *Bacillus subtilis*. Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry (RK). No. 7146. Appl. 04.18.2022. Publ. 27.05.2022, Byul. No. 21.
- 13 Umiraliyeva L.B., Isabekova M.S., Ibraikhan A.T., Abuova A.B. Method of preparation of probiotic starter culture for bread preparation. Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry (RK). No. 7710. Appl. 01.09.2022.